

PATENT  
2080-3-218  
Customer No: 035884

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:  
Jae Yeong Park; Heon Min Lee  
Serial No:  
Filed: Herewith  
For: MATERIAL SENSING SENSOR AND MODULE  
USING THIN FILM BULK ACOUSTIC  
RESONATOR

Art Unit:

Examiner:

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450


Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of Korean patent application No. 10-2003-04879 which was filed on January 24, 2003, and from which priority is claimed under 35 U.S.C. Section 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

Date: January 22, 2004

By:   
Jonathan Y. Kang  
Registration No. 38,199  
F. Jason Far-Hadian  
Registration No. 42,523  
Amit Sheth  
Registration No. 50,176  
Attorney for Applicant(s)

LEE, HONG, DEGERMAN, KANG & SCHMADEKA  
801 S. Figueroa Street, 14th Floor  
Los Angeles, California 90017  
Telephone: (213) 623-2221  
Facsimile: (213) 623-2211



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0004879  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 01월 24일  
Date of Application JAN 24, 2003

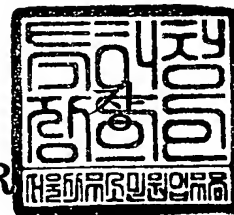
출원인 : 엘지전자 주식회사  
Applicant(s) LG Electronics Inc.



2003 년 12 월 11 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0003
【제출일자】	2003.01.24
【국제특허분류】	H01J 1/00
【발명의 명칭】	박막 용적 탄성파 공진기를 이용한 물질 센서 모듈
【발명의 영문명칭】	FIELD EMISSION DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF
【출원인】	
【명칭】	엘지전자 주식회사
【출원인코드】	1-2002-012840-3
【대리인】	
【성명】	박장원
【대리인코드】	9-1998-000202-3
【포괄위임등록번호】	2002-027075-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박재영
【성명의 영문표기】	PARK, Jae Yeong
【주민등록번호】	710401-1648619
【우편번호】	142-106
【주소】	서울특별시 강북구 미아6동 SK북한산씨티아파트 101동 1004호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이헌민
【성명의 영문표기】	LEE, Heon Min
【주민등록번호】	670815-1036312
【우편번호】	463-030
【주소】	경기도 성남시 분당구 분당동 장안타운 103동 504호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 박장원 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 3 면 3,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 12 항 493,000 원

【합계】 525,000 원

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 물질 센서 모듈에 관한 것으로, 종래 물질 감지 센서는 석영 공진기를 이용하기 때문에 센서의 크기가 크고 최대 공진 주파수가 낮아 측정 감도가 낮으며, 석영 공진기에 측정 회로를 형성할 수 없기 때문에 외부에 측정 회로부를 구성하거나 고가의 장비를 이용하여 측정해야 하는 문제점이 있었다. 또한, 석영을 배열 구조로 형성하는 공정이 없기 때문에 다수의 감지 소자를 단일 칩 상에 구현할 수 없어 다수의 대상 물질을 동시에 측정할 수 있는 센서 시스템을 구현하기 어려운 문제점이 있었다. 이와 같은 문제점을 감안한 본 발명은 박막 용적 탄성과 기전 물질을 공유하며, 감지물질 반응층을 가진 측정 공진기와 감지물질 반응층이 없는 기준 공진기의 쌍으로 구성된 물질 센서가 배치된 물질 센서칩과; 상기 물질 센서칩의 각 전극들과 연결되는 패드를 가지며, 해당 패드와 연결된 외부 연결 핀들 및 상기 센서칩을 보호 및 지지하는 구조물을 구비한 센서 패키지와; 물질의 점착 정도를 측정하기 위해 상기 센서의 각 공진기들의 전극과 연결되는 신호처리 회로로 이루어지는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈을 제공함으로써 센서의 감지도를 개선하고 동시에 다수의 물질들을 검출할 수 있도록 하며 센서 패키지의 교환이 가능하도록 함과 아울러, 단일 기판 상에 센서부와 신호처리 회로를 집적하도록 하여 센서 모듈의 크기를 줄이는 효과가 있다.

## 【대표도】

도 1

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈{FIELD EMISSION DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF}

## 【도면의 간단한 설명】

도1은 본 발명 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 패키지 일 실시예의 구조를 보인 사시도.

도2a는 본 발명 박막 용적 탄성과 공진기 센서부의 일 실시예를 보인 단면도.

도2b는 도 2a를 이용한 경우 추가 물질 증착에 따른 주파수 편이를 보인 그래프도.

도3은 본 발명 박막 용적 탄성과 공진기 센서부의 다른 실시예를 보인 단면도.

도4a와 도4b는 본 발명 박막 용적 탄성과 공진기 센서부의 또다른 실시예들을 보인 단면도.

도5a와 도5b는 본 발명에 사용되는 센서 감지 회로의 블록 다이어그램.

도6a와 도6b는 본 발명에 사용되는 센서칩의 전극 배선들을 보이는 평면도.

\*도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명\*

1:기판      2:멤브레인층

3:하부전극      4:기전물질

5:상부전극      6:반응성 막 흡착층

7:감지물질 반응성 막      8:감지물질

9:멤브레인 지지층      10:멤브레인층

11:채널 및 반응용 챔버 구조물 20:센싱 발진부

30:기준 발진부 35:기준 VCO

40:신호 혼합기 50:전력 측정부

### 【발명의 상세한 설명】

### 【발명의 목적】

### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <17> 본 발명은 물질 센서 모듈에 관한 것으로, 특히 센싱의 감도를 향상시키고 신호처리 회로를 동일 기판 상에 제작할 수 있도록하여 모듈의 크기를 줄이며 다수의 센서들을 배열하여 다양한 물질들을 동시에 정밀 측정하는데 적당하도록 한 박막 용적 탄성과 공진기(Film Bulk Acoustic Resonator:FBAR, 이하 FBAR이라 칭함)를 이용한 물질 센서 모듈에 관한 것이다.
- <18> 바이오 물질, 화학 물질, 환경 물질, 가스 물질 등을 감지할 수 있는 물질 감지 시스템에 관한 관심이 급증함에 따라 다양한 물질들을 감지 및 분석하기위한 센서에 대한 개발이 활발해 지고 있다.
- <19> 특히 기전 특성(Piezoelectronic Property)을 이용하여 물질의 표면 흡착량 정도를 감지하는 물질 감지 센서는 기전 물질의 용적 탄성과(bulk acoustic wave) 특성을 이용하여 대상 물질에 의한 공진 주파수 편이를 출력한다. 상기 공진 주파수의 편이를 측정하여 물질의 점착량 정도를 알아낼 수 있다.
- <20> 종래 물질 감지 센서로는 QCM(Quartz Crystal Microbalance)이 있다. QCM은 석영 결정(Quartz crystal)을 격자 방향에 따라 절편하고, 그 위에 전극을 입히는 것으로 구성된다. 이

렇게 전극을 형성한 공진기는 용적 탄성과 특성을 가지므로, 형성된 전극에 대상 물질을 흡착하여 물질의 표면 흡착 양 정도를 공진 주파수 변동으로 감지하도록 한다.

- <21>       상기 QCM은 부피가 큰 석영을 이용하기 때문에 센서의 센싱부 크기가 커진다. 또한, 이렇게 형성한 센싱부를 통해 얻어진 신호를 처리하기 위한 처리 회로를 별도로 외부에 형성해야 하기 때문에 센서 모듈의 크기는 대단히 크다.
- <22>       상기 QCM은 석영 절편의 두께에 따라 공진 주파수가 달라지며, 두께가 얇을수록 높은 공진 주파수를 가지게 되어 센싱 감도가 좋아지지만, 석영으로는 수백 Mhz 이상의 공진 주파수를 얻을 수 없다.
- <23>       QCM은 하나의 물질을 감지할 수 있는 단일 센싱부를 가지도록 형성되며, 다수의 센싱부를 배열할 수 있는 공정이 없어 다수의 대상물질을 검사하기 위해서는 다수의 센서를 이용해야 하기 때문에 센서의 부피가 커지게 된다.
- <24>       QCM을 이용한 물질 감지 센서의 계측은 보통 석영 용적 탄성과 공진기의 공진 주파수 편이를 읽거나, 석영 용적 탄성과 공진기를 이용하여 발진회로를 만들고 공진기의 주파수 편이에 따른 발진 주파수의 편이를 측정함으로써 물질의 점착 양 정도를 측정하게 된다. 상기 주파수 편이를 측정하는 QCM계측 방법은 네트워크 분석기나 오실로스코프와 같은 크고 고가인 계측 장비를 필요로 한다.
- <25>       또 다른 계측 방법으로는 위상 감지기를 이용하는 경우가 있는데, 이 경우 비교적 주파수 편이의 측정에 비해서 용이하게 QCM용 감지회로를 꾸밀 수 있지만 역시 전체적인 센서 시스템의 규모가 커지게 된다.



<26> 따라서, 보다 소형이면서 감도가 높은 센서 및 다수의 물질들을 동시에 측정할 수 있는 센서 모듈이 요구된다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<27> 상기한 바와 같이 종래 물질 감지 센서는 석영 공진기를 이용하기 때문에 센서의 크기가 크고 최대 공진 주파수가 낮아 측정 감도가 낮으며, 석영 공진기에 측정 회로를 형성할 수 없기 때문에 외부에 측정 회로부를 구성하거나 고가의 장비를 이용하여 측정해야 하는 문제점이 있었다. 또한, 석영을 배열 구조로 형성하는 공정이 없기 때문에 다수의 감지 소자를 단일 칩 상에 구현할 수 없어 다수의 대상 물질을 동시에 측정할 수 있는 센서 시스템을 구현하기 어려운 문제점이 있었다.

<28> 상기와 같은 문제점을 감안한 본 발명은 마이크로머시닝(micromachining) 공정으로 박막 용적 탄성 공진기를 센서로 이용하도록 하여 소형이면서 측정 감도가 좋은 물질 감지 센서를 배열 형태로 형성하고, 동일 칩 상에 신호 처리 회로를 집적한 후 이를 패키징하여 동시에 다수의 물질들을 정밀하게 감지할 수 있도록 한 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈을 제공하는데 그 목적이 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<29> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 박막 용적 탄성과 기전 물질을 공유하며, 감지물질 반응층을 가진 측정 공진기와 감지물질 반응층이 없는 기준 공진기의 쌍으로 구성된 물질 센서가 배치된 물질 센서칩과; 상기 물질 센서칩의 각 전극들과 연결되는 패드를 가지며, 해당 패드와 연결된 외부 연결 핀들 및 상기 센서칩을 보호 및 지지하는 구조물을 구비한 센서

패키지와; 물질의 점착 정도를 측정하기위해 상기 센서의 각 공진기들의 전극과 연결되는 신호처리 회로로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

<30> 상기 물질 센서칩은 다수의 물질 센서들이 격자 형태로 배열되는 것을 특징으로 한다.

그리고, 상기 물질 센서를 이루는 한쌍의 박막 용적 탄성과 공진기들 중 감지 물질 반응성 막이 형성된 측정 공진기에만 대상 물질을 적용하여 변화된 공진 주파수를 가지도록 하며 기준 공진기는 기준 공진 주파수를 가지도록 하여 절대값 측정이 가능하도록 한 것을 특징으로 한다

<31> 상기 신호처리 회로는 상기 물질 센서칩과 동일한 기판 상에 형성되는 것을 특징으로 한다.

<32> 상기 모듈은 상기 센서 패키지와 신호처리 회로를 장착하기위한 인쇄 회로기판을 더 포함하며, 상기 센서 패키지는 상기 인쇄 회로기판에 착탈할 수 있도록하여 센서 패키지의 교환이 가능하도록 한 것을 특징으로 한다.

<33> 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

<34> 도 1은 본 발명 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 패키지 일 실시예의 구조를 보인 사시도로서, 도시된 바와 같이 다수의 물질 센서들이 배치된 센서칩과, 상기 센서칩을 장착할 수 있도록 구성된 센서 패키지가 도시되어 있다. 본 실시예에서는 본 발명에서 이루고자 하는 특징들 중 일부가 나타나 있는데, 먼저 센서칩에 다수의 물질 센서들이 격자 형태로 배열되어 있음을 알 수 있다. 즉, 본 발명에서는 다양한 물질들을 동시에 측정할 수 있으며, 이들이 패키지 형태로 이루어져 1회용으로 사용되는 물질 센서 칩을 쉽게 교환할 수 있다는 것

을 알 수 있다. 또한, 센서칩의 하부 모습을 통해 물질 센서들이 한쌍을 단위로 이루어져 있으며 각각의 상부전극들(5)과 공통 하부전극(3)을 선택적으로 연결하는 것으로 개별적인 측정이 가능하다는 것 역시 알 수 있다.

<35>       상기 도시된 바와 같이 본 발명에서는 한쌍의 TFBAR 공진기를 하나의 물질 센서로 이용하는 데, 하나는 대상 물질을 주입하여 물질 감지용 측정 공진기로 사용하고, 다른 하나는 기준 공진기로 사용하여 주변 환경에 의한 효과를 배제한 절대 측정 값을 얻을 수 있도록 한다.

<36>       마이크로머시닝 된 측정 공진기에는 외부에서 감지하고자 하는 물질을 주입하고 기준 공진기와 공진신호 차이를 감지함으로써 한번의 측정만으로 감지 물질의 유무와 양을 감지할 수 있도록 하였다. 같이 도시한 TFBAR 센서칩의 뒷면은 상부전극들(5) 및 공통 하부전극(3)과 기전 물질(4)로 이루어진 TFBAR 공진기를 신호 처리 방식에 따라서 배치하게 되며, 이렇게 형성된 센서칩을 센서 패키지에 본딩(bonding)하는데, 상기 전극들을 본딩 패드에 솔더 페이스트를 이용하여 본딩한다. 상기와 같이 형성된 TFBAR 물질 센서 패키지를 신호처리 용 IC와 함께 인쇄 회로기판 상에 장착 하고 TFBAR 물질 센서 시스템의 동작 특성에 맞는 회로를 구성한 후 결합하여 TFBAR 물질 센서 모듈을 제작하게 된다.

<37>       이후 설명하겠지만 본 발명은 다양한 센서칩의 구성을 적용할 수 있으며, 신호처리용 IC를 센서칩과 동일 기판 상에 형성할 수도 있으므로 도 1에 제시된 기본 구조는 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니며, 본 발명의 바람직한 실시예를 도시하기 위한 것임에 주목해야 한다.

<38>       도 2a는 도 1에 도시한 센서칩에 형성된 물질 센서 하나에 대한 단면도를 도시한 것으로 기판(1)을 뒤집어 놓은 상태이다. 도시한 바와 같이 기판(1) 상하부에 형성된 멤브레인층(2)과, 그 상부에 형성된 공통 하부전극(3)과, 그 상부에 형성된 기전 물질층(4)과, 그 상부에 형성된 한쌍의 개별 전극들(5)과, 기판을 뒤집어 상기 형성된 한쌍의 공진기들 부분의 기판(1)에

각각 형성한 채널(channel) 패턴과, 상기 채널 패턴으로 드러난 멤브레인층(2)에 형성된 반응성 막 흡착층(6)과, 상기 공진기들 중 하나에 성막된 반응성 막 흡착층(6) 상부에 형성된 감지 물질 반응성 막(7)으로 구성된다.

- <39>       상기 기판(1)의 하부에 형성된 멤브레인층(2)은 본 발명의 동작과는 무관하며, 기판(1) 상부에 형성되는 멤브레인층(2)은 저응력 SiNx박막으로 이루어져 공진기의 동작을 방해하지 않는다.
- <40>       상기 하부전극(3)은 형성되는 2개의 공진기들에 공통적으로 사용되며, 그 상부에 형성되는 박막 용적 탄성과 기전 물질층(4)은 ZnO, AlN, PZT 등으로 이루어진다.
- <41>       상기 기전 물질층(4)은 박막 증착 기술을 이용하여 형성되기 때문에 대단히 얇게 제작할 수 있으며 용이하게 수 GHz 대역의 공진 주파수를 가지는 공진기를 형성할 수 있다. 따라서, TFBAR 공진기를 이용한 본 발명 물질 센서의 감도는 대단히 우수하며 DNA, 세포(cell), 단백질과 같은 바이오 물질 측정에 사용할 수 있다.
- <42>       상기 상부전극들(5)은 공진기를 2개로 분리하여 개별 동작하도록 하는 것으로 각각 분리된 전극들이다.
- <43>       상기와 같은 구조물을 형성한 후 기판(1)을 뒤집어 기판(1) 하부를 비등방성 식각하여 채널 패턴을 형성한다. 본 실시예에서는 기판(1) 만을 경사지게 완전히 식각하여 멤브레인층(2)이 드러나게 한다. 이러한 공정은 미세전자기계 시스템(Micro Electro Mechanical System) 벌크 마이크로머시닝 공정을 통해 실시한다.
- <44>       상기 반응성 막 흡착층(6)은 Au, Al, W, Ta등의 금속류나 전극 및 감지 물질 반응성 막(7)과 점착성이 있는 폴리머류의 물질로 형성된다. 이는 본 발명에서 필수적인 것은 아니지만,

하부전극(3) 물질의 종류에 따라서 감지 물질 반응성 막(7)을 직접 형성할 수 없어 요구되는 경우가 있으며 이를 통해 하부전극(3) 물질의 선택 폭이 넓어진다.

<45> 상기 감지물질 반응성 막(7)은 감지 물질(8)을 흡착하기위한 것이다.

<46> 도시되지는 않았지만 센싱부(측정 공진기)에만 감지 물질(8)이 제공되도록 상기 센서칩 상부에 부가 채널 혹은 반응용 챔버 구조물을 구성할 수 있다.

<47> 상기 형성된 TFBAR 공진기는 하부전극(3), 기전 물질(4), 상부전극(5), 그리고 멤브레인 층(2)의 두께에 의해 공진 주파수가 결정되는데, 공진 주파수는 다음과 같은 식으로 얻을 수 있다.

<48>

$$f_r = \frac{n}{2} \left( \frac{d_p}{v_p} + \frac{d_m}{v_m} \right)^{-1}$$

<49> 전술한 바와 같이 본 발명 센서칩은 일반 반도체 공정과 호환성이 있음에 주목해야 한다. 그에 따라 필요시 해당 센서칩과 동일한 기판 상에 신호처리 회로를 집적할 수 있어 센서 모듈의 크기를 대폭 줄일 수 있다.

<50> 본 실시예에서는 물질 센서 패키지를 물질 센서 모듈을 이루는 인쇄 회로기판으로부터 착탈 가능하도록 한 구조로하여, 1회용으로 사용되는 물질 센서 패키지 만을 모듈에서 교환 가능 하도록 한 것이다.

<51> 도 2b는 도 2a와 같은 물질 센서에 감지 물질을 추가적으로 점착하는 경우 발생하는 주파수 편이를 실험적으로 보이는 것으로, 도시된 바와 같이 추가적인 물질의 점착에 따라 주파수가 낮아지는 방향으로 편이되는 것을 알 수 있다. 주파수 편이 정도는 추가된 물질의 두께와 질량에 의해 달라지므로 특정 물질의 점착량과 점착된 두께는 주파수 편이 정도에 관한 실험적인 데이터 베이스가 만들어지면 알 수 있게 된다.

- <52> 도 3은 도 2a에 형성된 물질 센서에서 반응성 막 흡착층(6)을 제거한 것으로, 이를 제거하는 대신 기판(1)을 식각할때 멤브레인층(2)까지 식각하여 센싱부 공진기의 하부전극(3)상에 직접 감지물질 반응성 막(7)을 형성한다. 이미 도 2a를 설명하면서 언급한 바와 같이 Au, Al, W, Ta나 폴리머와 같은 반응성 막 흡착층(6)을 추가로 형성하는 번거로움을 피하는 대신 하부전극(3) 물질의 선택 폭이 좁아진다.
- <53> 상기 도 2a 및 도 3과 같이 기판(1)을 비등방성 식각하고 형성되는 챔버 구조물 내부에 측정부를 구비한 물질 센서를 벌크 마이크로머시닝 형태라 한다.
- <54> 도 4a는 본 발명 물질 센서의 다른 실시예로서, 기판(1)의 표면 상부에 TFBAR 공진기를 형성한 구조이다. 도식된 바와 같은 표면 마이크로머시닝 형태의 물질 센서는 기판(1) 상부에 형성된 멤브레인 지지층(9) 패턴과, 그 상부에 형성된 멤브레인층(10)과, 그 상부에 형성된 공통 하부전극(3)과, 그 상부에 형성된 박막 용적 탄성과 기전 물질층(4)과, 그 상부에 형성된 한쌍의 개별 상부전극들(5)과, 상기 상부전극들(5) 중 하나에 형성된 감지물질 반응성 막(7)과, 상기 개별 전극들의 일부를 노출시키며 형성된 채널 및 반응용 챔버 구조물(11)로 이루어진다.
- <55> 즉, 기판(1) 상부에 공진기를 형성하기 때문에 공진기의 공진구동을 위한 공간을 제공하고자 멤브레인 지지층(9) 패턴이 공진기 하부에 형성되어 있다. 이는 희생층을 이용하여 형성할 수 있으며, 공지된 제조 공정이다.
- <56> 상기와 같은 구조는 측정 공진기(센싱부) 상부전극(5)에 감지물질 반응성막(7)을 형성하므로 반응성 막 흡착층이 요구되지 않는다.

- <57> 또한, 대상 물질(8)을 측정 공진기 상부전극(5)에 제공하기 위한 채널 및 반응용 챔버 구조물(11)을 PDMS(Poly DiMethyl Siloxane) 또는 폴리머 레진(resin)을 이용하여 형성한다. 물론 도식된 채널 이외에 실질적인 사용을 위해 기준 공진기의 채널 부분을 가리면서 대상 물질(8)이 상기 측정 공진기에만 제공되도록 하는 추가적인 챔버 구조물을 센서칩 상부에 적용할 수 있다.
- <58> 도 4b는 상기 도 4a에서 멤브레인층(10)을 제거한 구조물이다.
- <59> 전술한 바와 같이 반응 센서들은 다양한 구조를 가지고 형성될 수 있으나, 동일한 기전 물질(4)을 한쌍으로 이루어진 공진기가 공유한다는 것과, 한쌍의 공진기 중 하나를 측정 공진기로 정하여 해당 공진기의 전극에만 감지물질 반응성막(7)을 형성한다는 것은 동일하다.
- <60> 상기 물질 센서를 형성하는 공진기들의 전극들은 Pt, Au, Mo, Al, Cr, Ti, TiN, W, Ta, Ir, IrO<sub>2</sub>등의 물질로 형성된다.
- <61> 도 4에 도식된 표면 마이크로머시닝 형태의 물질 센서를 적용한 센서칩은 센서 패키지에 적용하기 위해 일반 반도체 칩의 패키징과 같은 와이어 본딩(wire bonding) 기법을 사용하며, 이는 일반적인 방법이므로 당 업자에게는 공지된 내용이다. 따라서, 이를 센서 패키지에 적용하는 방법과 센서 패키지의 구체적인 구조에 관한 설명은 생략하기로 한다.
- <62> 이미 언급한 바 있지만, 상기 물질 센서는 일반적인 반도체 공정을 따르기 때문에 다수의 물질 센서들을 동일 기판 상에 배치할 수 있어 다양한 물질들을 동시에 측정할 수 있는 물질 센서 패키지를 구현할 수 있으며, 일반 반도체 공정을 이용하기 때문에 신호 처리 회로부를 기판 상에 형성한 후 동일 기판 상에 물질 센서를 형성할 수 있어 물질 센서와 신호처리 회로를 단일칩에 집적할 수 있다.

- <63> 이제, 전술한 물질 센서를 이용하여 대상 물질의 점착량과 두께를 감지하는 방법에 관해 설명하도록 한다.
- <64> 본 발명에서 구성하고자 하는 감지 회로는 물질 감지용 TFBAR 공진기와 기준 TFBAR 공진기를 이용하여 각각 발진 회로를 구성하고 그 공진 주파수에 맞게 신호를 발진 시켜 두 신호를 혼합함에 따라 생기는 무선(RF) 전력의 변화를 측정하는 방식을 기본으로 한다.
- <65> 도 5a는 측정 공진기의 주파수를 출력하는 센싱 발진부(20)와, 기준 공진기의 발진 신호를 180도 위상 변환하는 기준 발진부(30)와, 상기 신호들을 혼합하는 무선 신호 혼합기(RF Signal Mixer)(40)와, 상기 출력 신호를 통해 전력을 산출하는 전력 측정부(50)로 이루어진 회로를 도시한다.
- <66> 대상 물질이 TFBAR 공진기에 점착될 경우 그 공진 주파수가 바뀌게 되므로 발진 주파수도 따라서 바뀌게 된다는 점을 이용한다. 즉, 기준 공진기에서 발진한 신호를 180도 위상을 바꾸어서 측정 공진기의 신호와 혼합하면 두 공진기의 주파수가 동일할 경우 출력 전력이 0이 되고, 대상 물질의 점착에 따라 측정 공진기의 주파수가 바뀌면 출력 전력이 증가하게 된다. 따라서 초기의 출력 전력을 기준으로 전력의 증가 정도를 감지 함으로써 물질의 점착 유무와 점착 정도를 알아낼 수 있다. 따라서, 전력 측정부(50)에서 출력 전력을 디지털로 제공하면 본 발명 물질 센서 모듈에 연결된 주 제어 시스템에서는 물질의 점착 정도 데이터를 쉽게 사용할 수 있게 된다.
- <67> 도 5b는 측정 공진기의 주파수를 얻는 센싱 발진부(20)와, 기준 공진기를 이용한 발진 주파수를 전압으로 제어하도록 하며 출력 주파수를 180도 위상 변환하는 기준 전압 제어 발진부(Voltage Control Oscillator:VCO)(35)와, 상기 센싱 발진부(20) 주파수와 상기 기준 전압 제어 발진부(35)의 출력을 혼합하는 무선 신호 혼합기(40)와, 상기 혼합된 신호에 의한 출력



전력이 최소가 되도록 상기 기준 전압 제어 발진부에 인가되는 전압을 제어하는 전력 측정부 (50)로 이루어진 회로를 도시한다.

<68> 즉, 기준 공진기로 VCO를 구성하고 이를 동작시키는 아날로그 전압을 측정하는 것으로 물질을 감지하도록 한다. 이렇게 회로를 구성할 경우, VCO를 이용하여 주파수 조절이 가능한 기준 공진기 주파수 신호와 검출 공진기를 이용하여 만들어낸 발진신호를 180도 위상차로 혼합하고, 상기 혼합된 신호의 크기를 최소로 유지하도록 VCO를 조절하면, 검출 공진기에 점착된 물질에 따라 VCO에 인가되는 전압이 틀려지게 되며, 이를 외부에서 아날로그 신호로 읽어들이면 현재 점착된 물질의 양을 알 수 있게 된다. 이는 아날로그 신호를 처리하는 시스템에 적용하는데 상당히 유리하다.

<69> 도 6a와 6b는 벌크 마이크로머시닝 형태로 형성된 물질 센서를 적용한 센서칩의 하부 일부를 도시한 것으로, 도 6a와 같이 하부전극(3)을 공통으로 하고 상부전극(5)으로만 원하는 물질 센서를 구동하도록 하는 구조와, 도 6b와 같이 하부전극(3) 까지 분리하여 주소 지정이 가능하도록 한 N×M 매트릭스 구조로 형성될 수 있다. 이는 개발자에 의해 선택적으로 적용될 수 있다.

<70> 물론, 표면 마이크로머시닝 형태의 물질 센서를 적용한 센서칩에서도 유사한 방법으로 하부전극들을 분리 또는 결합할 수 있다.

<71> 전술한 바와 같이 TFBAR을 이용한 초고주파 대역 물질 센서 모듈을 구현하여 종래 사용되는 바이오 센서, 화학물 센서, 후각 센서, 환경 센서, 물질 센서의 감도를 개선하고, 동시에 다수의 측정을 가능하도록 하여 측정 시간을 줄일 수 있으며, 센서 모듈의 소형화 집적화가 가능하게 된다.

## 【발명의 효과】

<72>       상기한 바와 같이 본 발명 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈은 마이크로머시닝 공정으로 초고주파 박막 용적 탄성 공진기를 단일 칩에 다수 배열하도록 하며, 이를 적용할 수 있는 센서 패키지와 구동 회로를 인쇄 회로기판에 적용한 모듈로 구성하도록 함으로써 센서의 감지도를 개선하고 동시에 다수의 물질들을 검출할 수 있도록 하여 센서 패키지의 교환이 가능하도록 한 효과가 있다. 또한, 단일 기판 상에 센서부와 신호처리 회로를 집적하도록 함으로써 센서 모듈의 크기를 획기적으로 줄여 휴대용 감지기를 제공하도록 하는 효과가 있다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

박막 용적 탄성과 기전 물질을 공유하며, 감지물질 반응층을 가진 측정 공진기와 감지물질 반응층이 없는 기준 공진기의 쌍으로 구성된 물질 센서가 배치된 물질 센서칩과; 상기 물질 센서칩의 각 전극들과 연결되는 패드를 가지며, 해당 패드와 연결된 외부 연결 핀들 및 상기 센서칩을 보호 및 지지하는 구조물을 구비한 센서 패키지와; 물질의 점착 정도를 측정하기위해 상기 센서의 각 공진기들의 전극과 연결되는 신호처리 회로로 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

## 【청구항 2】

제 1항에 있어서, 상기 물질 센서는 기판 상에 형성된 멤브레인층과; 그 상부에 형성된 하부전극과; 그 상부에 형성된 박막 용적 탄성과 기전 물질층과; 그 상부에 형성된 한쌍의 개별 상부전극들과; 상기 형성된 한쌍의 공진기들 부분의 기판에 각각 형성한 채널 패턴과; 상기 채널 패턴으로 드러난 멤브레인층에 형성된 반응성 막 흡착층과; 상기 공진기들 중 하나에 성막된 반응성 막 흡착층 상부에 형성된 감지물질 반응성 막으로 이루어지는것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

## 【청구항 3】

제 1항에 있어서, 상기 물질 센서는 기판 상에 형성된 멤브레인층과; 그 상부에 형성된 하부전극과; 그 상부에 형성된 박막 용적 탄성과 기전 물질층과; 그 상부에 형성된 한쌍의 개별 상부전극들과; 상기 형성된 한쌍의 공진기들 부분의 기판과 멤브레인층에 각각 형성한 채널 패턴과; 상기 채널 패턴으로 드러난 하부전극 중 하나의 공진기 부분 하부전극에 형성된 감지

물질 반응성 막으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 4】**

제 1항에 있어서, 상기 물질 센서는 기판 상에 형성된 멤브레인 지지층 패턴과; 그 상부에 형성된 멤브레인층과; 그 상부에 형성된 하부전극과; 그 상부에 형성된 박막 용적 탄성과 기전 물질층과; 그 상부에 형성된 한쌍의 개별 상부전극들과; 상기 상부전극들 중 하나에 형성된 감지물질 반응성 막과; 상기 공진기들의 일부를 노출시키며 형성된 채널 및 반응용 챔버 구조물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 5】**

제 1항에 있어서, 상기 물질 센서는 기판 상에 형성된 지지층 패턴과; 그 상부에 형성된 하부전극과; 그 상부에 형성된 박막 용적 탄성과 기전 물질층과; 그 상부에 형성된 한쌍의 개별 상부전극들과; 상기 상부전극들 중 하나에 형성된 감지물질 반응성 막과; 상기 공진기들의 일부를 노출시키며 형성된 채널 및 반응용 챔버 구조물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 6】**

제 1항에 있어서, 상기 물질 센서는 상기 물질 센서칩에 격자 형태로 다수 배열되는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 7】**

제 1항에 있어서, 상기 물질 센서를 이루는 한쌍의 박막 용적 탄성과 공진기들 중 감지 물질 반응성 막이 형성된 측정 공진기에는 대상 물질을 적용하여 변화된 공진 주파수를 가지도

록 하며 기준 공진기는 기준 공진 주파수를 가지도록 하여 절대값 측정이 가능하도록 한 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 8】**

제 1항에 있어서, 상기 신호처리 회로는 상기 물질 센서칩과 동일한 기판 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 9】**

제 1항에 있어서, 상기 센서 패키지와 신호처리 회로를 장착하기위한 인쇄 회로기판을 더 포함하며, 상기 센서 패키지는 상기 인쇄 회로기판에 착탈할 수 있도록하여 센서 패키지의 교환이 가능하도록 한 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 10】**

제 1항에 있어서, 상기 신호처리 회로는 측정 공진기의 주파수를 획득하는 센싱 발진부와; 기준 공진기의 주파수를 획득하고 180도 위상 변환하는 기준 발진부와; 상기 센싱 발진부 주파수와 상기 기준 발진부 주파수를 혼합하는 무선 신호 혼합기와; 상기 혼합된 신호에 의한 출력 전력을 측정하여 디지털 신호로 출력하는 전력 측정부로 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 11】**

제 1항에 있어서, 상기 신호처리 회로는 측정 공진기의 주파수를 얻는 센싱 발진부와; 기준 공진기를 이용한 발진 주파수를 전압으로 제어하도록 하며 출력 주파수를 180도 위상 변환하는 기준 전압 제어 발진부(VCO)와; 상기 센싱 발진부 주파수와 상기 기준 전압 제어 발진부의 출력을 혼합하는 무선 신호 혼합기와; 상기 혼합된 신호에 의한 출력 전력이 최소가 되도록

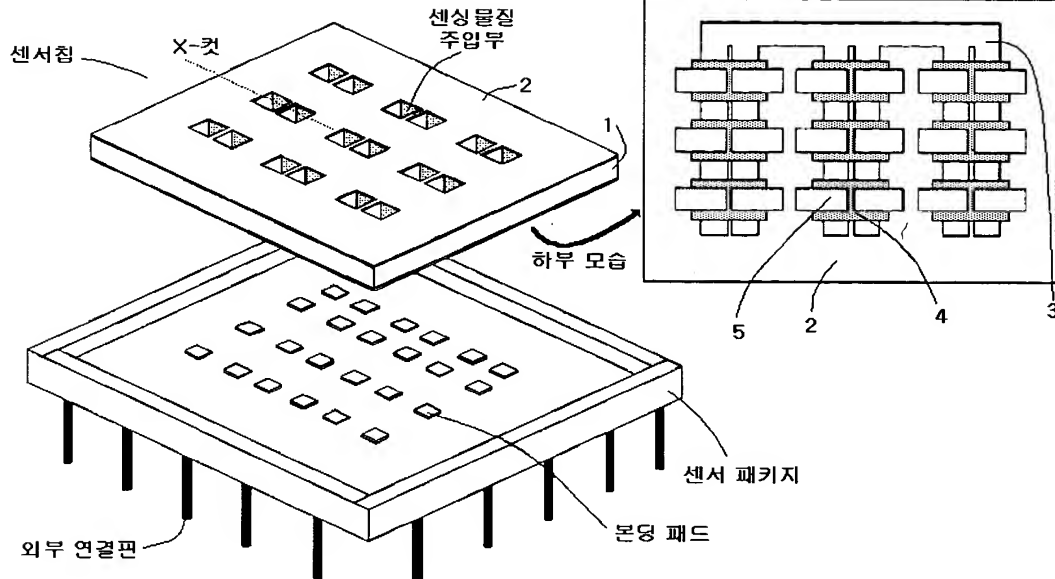
록 상기 기준 전압 제어 발진부에 인가되는 전압을 제어하는 전력 측정부로 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

**【청구항 12】**

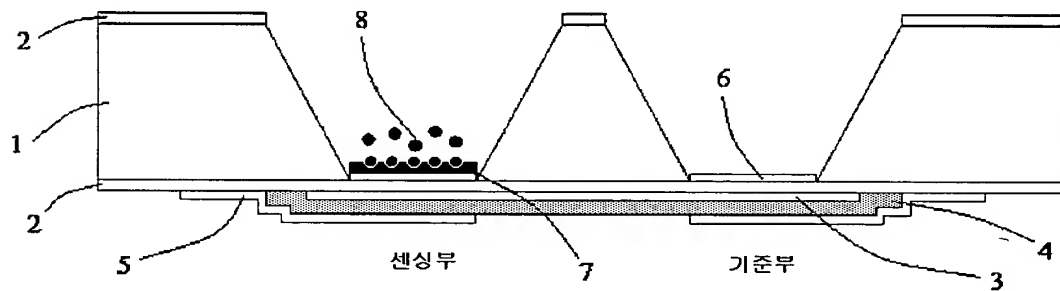
제 1항에 있어서, 상기 박막 용적 탄성과 기전 물질은 ZnO, AlN, PZT 중 하나인 것을 특징으로하는 박막 용적 탄성과 공진기를 이용한 물질 센서 모듈.

【도면】

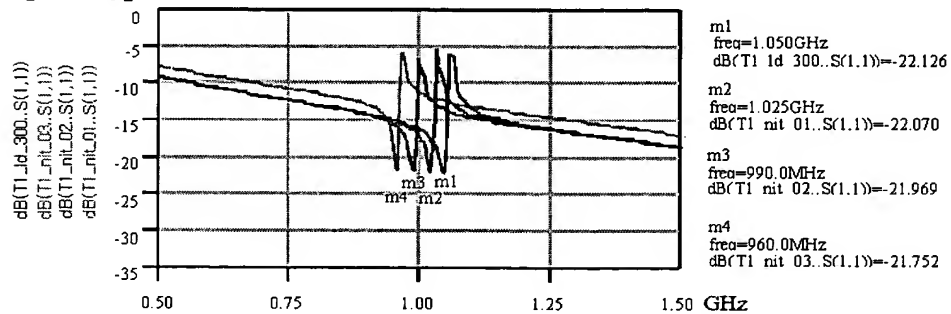
【도 1】



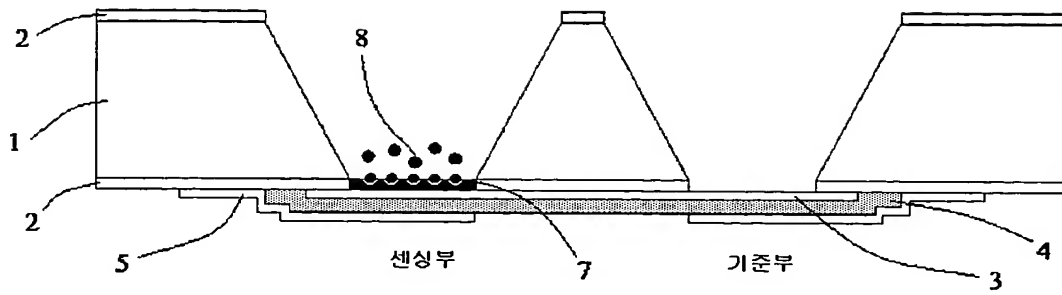
【도 2a】



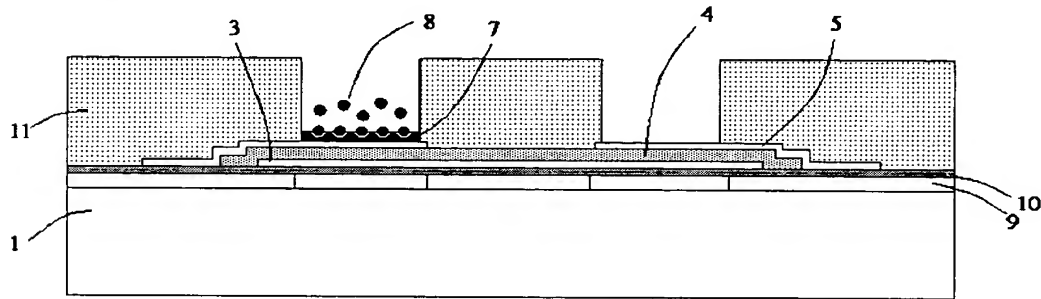
【도 2b】



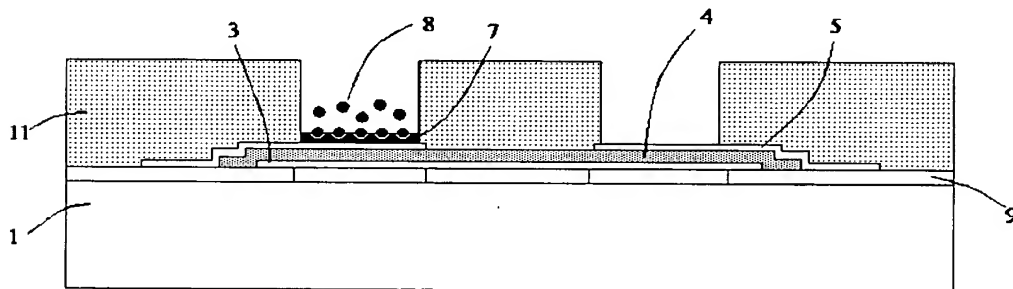
【도 3】



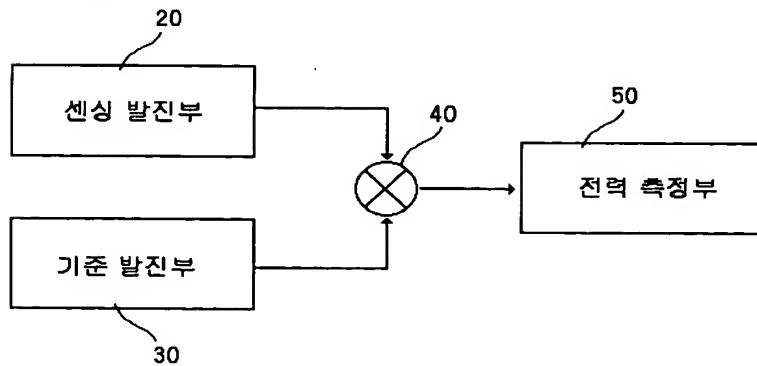
【도 4a】



【도 4b】

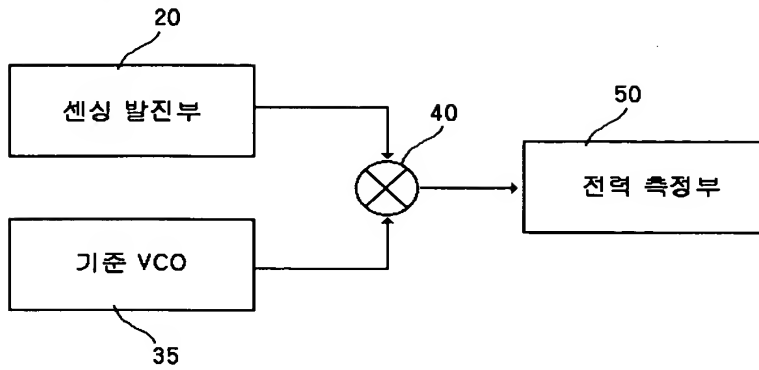


【도 5a】

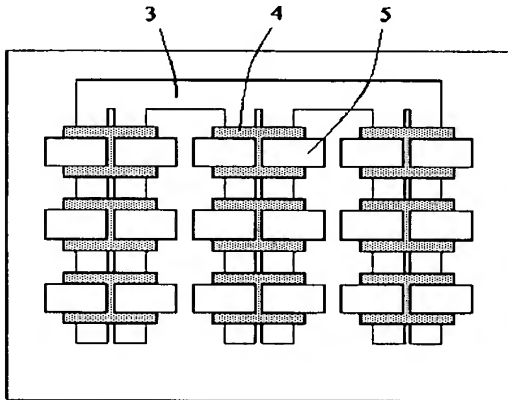




【도 5b】



【도 6a】



【도 6b】

